

02 P 13098



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ ⑫ Offenlegungsschrift
⑯ DE 199 51 502 A 1

⑯ Int. Cl. 7:
G 03 B 42/00
A 61 B 19/00
A 61 B 6/00
A 61 B 8/00

⑯ Aktenzeichen: 199 51 502.6
⑯ Anmeldetag: 26. 10. 1999
⑯ Offenlegungstag: 18. 1. 2001

⑯ Innere Priorität:
199 29 622. 7 28. 06. 1999
⑯ Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

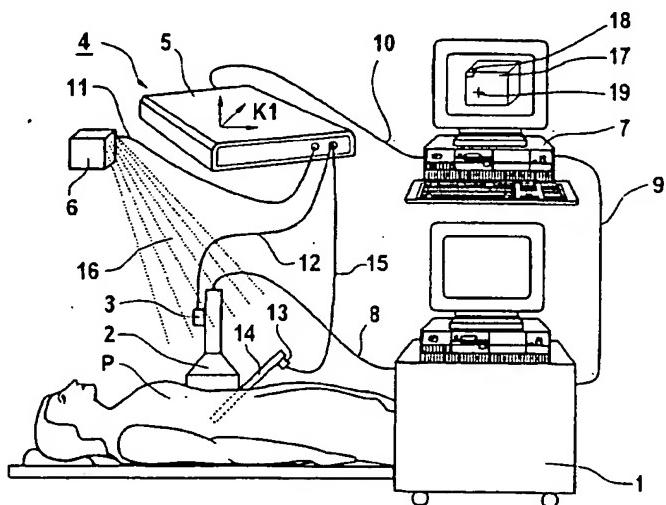
⑯ Erfinder:
Rahn, Norbert, Dipl.-Inform., 91054 Erlangen, DE;
Wach, Siegfried, Dipl.-Math., 91315 Höchstadt, DE;
Graumann, Rainer, Dr., 91315 Höchstadt, DE;
Bieger, Johannes, Dr.rer.nat., 91056 Erlangen, DE;
Herold, Gerold, Dipl.-Inform., 91054 Erlangen, DE;
Wessels, Gerd, Dr.-Ing., 91090 Effeltrich, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ System mit Mitteln zur Aufnahmen von Bildern, medizinischer Arbeitsplatz aufweisend ein derartiges System und Verfahren zur Einblendung eines Abbildes eines zweiten Objektes in ein von einem ersten Objekt gewonnenes Bild

⑯ Die Erfindung betrifft ein System mit Mitteln (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern von einem ersten Objekt (P), mit Mitteln (3, 4, 5, 6, 54, 55, 57, 59) zur Bestimmung der Position der Mittel (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern, mit Mitteln (4, 5, 6, 13, 54, 55, 56, 59) zur Bestimmung der Position eines zweiten Objektes (14, 20, 60), mit Mitteln (4, 5, 6, 7, 13, 54, 55, 56, 59) zur Bestimmung der Position des zweiten Objektes (14, 20, 60) relativ zu den Mitteln (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern und mit Mitteln (7) zur Einblendung eines Abbildes (19, 61) des zweiten Objektes (14, 20, 60) in ein mit den Mitteln (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern gewonnenes Bild des ersten Objektes (P). Die Erfindung betrifft außerdem einen medizinischen Arbeitsplatz, welcher ein derartiges System aufweist, und ein Verfahren zur Einblendung eines Abbildes (19, 61) eines zweiten Objektes (14, 20, 60) in ein von einem ersten Objekt (P) gewonnenes Bild.



DE 199 51 502 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein System mit Mitteln zur Aufnahme von Bildern von einem ersten Objekt, mit Mitteln zur Bestimmung der Position eines zweiten Objektes und mit Mitteln zur Einblendung eines Abbildes des zweiten Objektes in ein mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern gewonnenes Bild des ersten Objektes. Die Erfindung betrifft außerdem einen ein derartiges System aufweisenden medizinischen Arbeitsplatz und ein Verfahren zur Einblendung eines Abbildes des zweiten Objektes in ein von dem ersten Objekt gewonnenes Bild.

Derartige Systeme werden beispielsweise in der Medizin in klinischen Applikationsfeldern, z. B. der Orthopädie oder der Traumatologie, zur Unterstützung operativer Eingriffe an Patienten eingesetzt, wobei Abbilder von Instrumenten in Bilder vom Körperinneren des Patienten eingeblendet werden. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn dem Chirurgen der Blick auf das patientenseitige Ende eines von ihm geführten, in den Körper eines Patienten eingedrungenen medizinischen Instrumentes verwehrt ist. Mit einem an dem Instrument angeordneten Positionssensor eines Navigationssystems werden dabei die Ortskoordinaten, d. h. die Lage und Orientierung, des Instrumentes im Raum bzw. an einem Operationssitus, bestimmt und dessen Abbild in ein mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern gewonnenes Bild vom Patienten eingeblendet.

Wünschenswert wäre es dabei, daß das zur Einblendung des Instrumentes vom Patienten gewonnene Bild die tatsächliche Lage und Form eines Körperteils des Patienten bzw. eines Organs im Körper des Patienten zeigt. Da die während eines medizinischen Eingriffs für die Einblendung von Instrumenten vorgesehenen Bilder vom Körper eines Patienten in der Regel aber präoperativ, d. h. vor dem Eingriff, beispielsweise mit einem Computertomographen, gewonnen werden, ist die Übereinstimmung zwischen einer im Bild dargestellten Lage und Form eines Körperteils bzw. Organs und der tatsächlichen Lage und Form des Körperteils bzw. Organs bei der Operation die Ausnahme. Die auftretenden Unterschiede sind vor allem dadurch bedingt, daß entweder die Lage des Patienten bei der Operation auf einer Patientenliege nicht genau der Lage des Patienten bei der Bildaufnahme entspricht oder daß beim Öffnen des Patienten, beispielsweise durch natürliche Bewegungen, z. B. Herzschlag, Atmung oder Peristaltik, Deformationen von Körperteilen, Deformationen von Organen oder Veränderungen von Organlagen auftreten. Eine Verbesserung der Navigation des Instrumentes ergibt sich, wenn während der Operation 2D-Projektionen vom Operationssitus aufgenommen werden, welche zur Korrektur der präoperativ gewonnenen Bilder herangezogen werden. Nachteilig bleibt jedoch, daß die Genauigkeit der Einblendung von Abbildern von Instrumenten relativ gering ist, der Chirurg also die genaue Lage des Instrumentes nur erahnen kann und somit die Navigation nur eine grobe Orientierung bei operativen Eingriffen darstellt.

Ein weiteres Problem bei der Navigation besteht in der Einblendung eines Abbildes eines Instrumentes an sich in präoperativ gewonnene Bilder. Um die Einblendung eines Abbildes eines Instrumentes in ein präoperativ gewonnenes Bild durchführen zu können, ist nämlich eine räumliche Transformation der bezüglich eines ersten Koordinatensystems angegebenen Koordinaten des in definierter Weise an dem Instrument angeordneten Positionssensors des Navigationssystems in die räumlichen Koordinaten des für die Navigation verwendeten, mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern gewonnenen Bildes vom Patienten notwendig. Diese Transformation wird als Registrierung bezeichnet.

Als Hilfsmittel für die Registrierung dienen meist Marker, die am Patienten angebracht werden. Die Positionen der Marker werden zum einen mit dem Positionssensor des Navigationssystems in dem ersten Koordinatensystem identifiziert und zum anderen, beispielsweise durch handische Eingabe mit einem Eingabemittel, im Koordinatensystem des mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern gewonnenen und zur Navigation verwendeten, in einem Rechner gespeicherten Bildes identifiziert. Aus den beiden in dem ersten Koordinatensystem und in dem Koordinatensystem des zur Navigation verwendeten Bildes identifizierten Punktmengen der Marker kann schließlich eine Transformation berechnet werden, die während der Navigation die in dem ersten Koordinatensystem mit dem Positionssensor des Navigationssystems erfaßten Positionen des Instrumentes in die Koordinaten des Bildes transformiert.

Die Registrierung stellt jedoch einen zeitaufwendigen und zudem fehleranfälligen Prozeß dar. Darüber hinaus erweist sich die Handhabung und die Identifikation der Marker im intra-operativen Umfeld oftmals als problematisch.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein System der eingangs genannten Art derart auszubilden, daß die Einblendung des Abbildes eines zweiten Objektes in ein mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern gewonnenes Bild von einem ersten Objekt vereinfacht ist. Eine weitere Aufgabe der Erfindung liegt in der Angabe eines Verfahrens zur vereinfachten Einblendung eines Abbildes eines zweiten Objektes in ein von einem ersten Objekt gewonnenes Bild.

Nach der Erfindung wird die eine Aufgabe gelöst durch ein System mit Mitteln zur Aufnahme von Bildern von einem ersten Objekt, mit Mitteln zur Bestimmung der Position der Mittel zur Aufnahme von Bildern, mit Mitteln zur Bestimmung der Position eines zweiten Objektes, mit Mitteln zur Bestimmung der Position des zweiten Objektes relativ zu den Mitteln zur Aufnahme von Bildern und mit Mitteln zur Einblendung eines Abbildes des zweiten Objektes in ein mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern gewonnenes Bild des ersten Objektes. Die Erfindung bezieht sich dabei auf Mittel zur Aufnahme von Bildern, bei denen die Lagen und Orientierungen der mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern erfaßten Bilddaten relativ zu den Mitteln aufgrund eindeutiger räumlicher Beziehungen bekannt, in einfacher Weise ermittelbar oder festlegbar sind. Auf diese Weise ist durch die Bestimmung der Position der Mittel zur Aufnahme von Bildern in einem Bezugskoordinatensystem auch die Lage und Orientierung eines in einem mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern gewonnenen Bild einbeschreibbaren Bildkoordinatensystems bezüglich des Bezugskoordinatensystems festgelegt bzw. bestimmbar. Da nach der Erfindung auch die Position des zweiten Objektes bezüglich des Bezugskoordinatensystems bestimmbar ist, kann ein Abbild des zweiten Objektes bei Einführung des zweiten Objektes in den Bildaufnahmebereich der Mittel zur Aufnahme von Bildern bzw. bei Einführung des zweiten Objektes in den Bereich der mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern gewonnenen Bilddaten in einfacher Weise ohne die Durchführung einer zeitaufwendigen und fehleranfälligen Registrierung in ein mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern gewonnenes Bild eingeblendet werden.

Die Mittel zur Bestimmung der Position der Mittel zur Aufnahme von Bildern, zur Bestimmung der Position des zweiten Objektes und zur Bestimmung der Position des zweiten Objektes relativ zu den Mitteln zur Aufnahme von Bildern können voneinander verschieden ausgeführt sein und beispielsweise auf Basis signaltragender Wellen arbeiten. Während erste Mittel die Position der Mittel zur Aufnahme von Bildern in einem ersten Koordinatensystem und zweite Mittel die Position des zweiten Objektes in einem

zweiten Koordinatensystem ermitteln, geben die Mittel zur Bestimmung der Position des zweiten Objektes relativ zu den Mitteln zur Aufnahme von Bildern die Lage der ersten und zweiten Mittel bezüglich eines Bezugskoordinatensystems an, so daß die Positionen der Mittel zur Aufnahme von Bildern und des zweiten Objektes in dem Bezugskoordinatensystem bekannt sind und die Einblendung des Abbildes des zweiten Objektes in ein mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern gewonnenes Bild des ersten Objektes aufgrund der bekannten Lagen und Orientierungen der mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern erfaßten Bilddaten in dem Bezugskoordinatensystem problemlos möglich ist.

Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfaßt das System ein Navigationssystem, welches sowohl die Position der Mittel zur Aufnahme von Bildern, als auch die Position des zweiten Objektes, als auch die Position des zweiten Objektes relativ zu den Mitteln zur Aufnahme von Bildern bestimmt. Gemäß einer Variante der Erfindung weist das Navigationssystem an Objekten anbringbare und detektierbare Marken und/oder Positionssensoren auf. Derartige Marken können beispielsweise mit Hilfe eines Kamerasytems optisch detektierbare Marken sein. Die Positionssensoren können als Sender ausgebildet sein, deren Signale von einem Empfänger des Navigationssystems empfangen und zur Bestimmung der Positionen der Positionssensoren entsprechend ausgewertet werden. Die Positionssensoren können jedoch auch derart ausgebildet sein, daß deren Positionen bei Plazierung in einem von einem Sender ausgesendeten elektromagnetischen Feld von dem Navigationssystem detektierbar sind. Die Ermittlung der Positionen erfolgt in der Regel durch einen Navigationsrechner des Navigationssystems. Durch die geeignete Anbringung derartiger Marken und/oder Positionssensoren an den Mitteln zur Aufnahme von Bildern und dem zweiten Objekt können in einfacher Weise mit einem einzigen Navigationssystem die Positionen der Mittel zur Aufnahme von Bildern und des zweiten Objektes sowie deren relative Position zueinander bezüglich eines Bezugskoordinatensystems bestimmt werden. Als geeignete Navigationssysteme zur Bestimmung der Positionen der Mittel zur Aufnahme von Bildern und des zweiten Objektes sowie deren relative Position zueinander, sind optische Navigationssysteme wie sie beispielsweise von der Fa. Radionix vertrieben werden sowie elektromagnetische Navigationssysteme wie sie beispielsweise von der Fa. Ascension vertrieben werden geeignet.

Nach Varianten der Erfindung weisen die Mittel zur Aufnahme von Bildern wenigstens einen an ein Ultraschallgerät anschließbaren Ultraschallsensor und/oder ein an einem Röntgengerät angeordnetes, eine Röntgenstrahlenquelle und einen Röntgenstrahlempfänger umfassendes Röntgensystem auf. Vorzugsweise ist das Röntgengerät ein verfahrbares C-Bogen-Röntgengerät, dessen C-Bogen izozentrisch verstellbar ist. Die Position des Isozentrums, in dem ein zu untersuchendes Objekt bei Röntgenaufnahmen in der Regel plaziert wird, ist durch die Bestimmung der Position des C-Bogens bezüglich des Bezugskoordinatensystems ebenfalls in dem Bezugskoordinatensystem bekannt, so daß die Lagen und Orientierungen der mit dem an dem C-Bogen angeordneten Röntgensystem erfaßten Bilddaten in bezug auf das Bezugskoordinatensystem bekannt sind.

Gemäß einer Variante der Erfindung sind mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern 3D-Bilder von dem Objekt erzeugbar. Wenn es sich bei dem erfundungsgemäßen System beispielsweise um ein medizinisches System handelt, können mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern intra-operativ 3D-Bilder von einem Körperteil bzw. einem Organ eines Patienten erzeugt werden, wodurch die Voraussetzungen für

eine exakte Einblendung eines Abbildes eines Instrumentes in eines der erzeugbaren 3D-Bilder geschaffen werden. Die Einblendung entspricht dabei mit hoher Übereinstimmung der realen Lage und Orientierung des Instrumentes relativ zum Körper des Patienten. Die exakte Ermittlung der Lage und Orientierung der Mittel zur Aufnahme von Bildern und des Instrumentes erfolgt vorzugsweise mit Hilfe des Navigationssystems und die entsprechende Einblendung des Abbildes des Instrumentes in ein erzeugtes 3D-Bild mit Hilfe der Mittel zur Einblendung, welche in der Praxis beispielsweise einen Bildrechner oder den Navigationsrechner umfassen. Eine derartige Einblendung eines Abbildes eines Instrumentes in ein die tatsächliche Lage und Form eines Körperteils oder Organs zeigendes 3D-Bild stellt somit aufgrund der hohen Übereinstimmung mit den real am Operationssitus vorherrschenden Verhältnissen für einen Chirurgen eine wirkungsvolle und zuverlässige Unterstützung bei operativen Eingriffen dar. Dies gilt insbesondere dann, wenn dem Chirurgen der Blick auf das patientenseitige Ende des Instrumentes verwehrt ist, beispielsweise weil das Instrument im Gewebe eingedrungen ist. Unter der Einblendung eines Abbildes eines Objektes bzw. eines Instrumentes wird dabei nicht notwendigerweise eine originalgetreue Abbildung des Objektes bzw. des Instrumentes verstanden. Vielmehr kann die Abbildung nur schematisch sein, wobei zumindest der für die Navigation relevante Teil des Objektes bzw. des Instrumentes erkennbar ist.

Eine Ausführungsform der Erfindung sieht vor, daß mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern 2D-Bilder in Echtzeit von dem ersten Objekt erzeugbar sind. 2D-Bildgebung in Echtzeit ist beispielsweise in der medizinischen Navigation bei Eingriffen an sich bewegenden anatomischen Regionen erforderlich. Da sich bei der 2D-Bildgebung, beispielsweise mit Ultraschall, ein in den 2D-Ultraschallbildern einzublendendes Instrument aufgrund von Relativbewegungen zwischen dem die 2D-Bilder aufnehmenden Ultraschallsensor, dem Körper eines Patienten und einem zu navigierenden Instrument in der Regel nicht dauerhaft in der Bildebene des von dem Ultraschallsensor ausgesandten Ultraschallfächers befindet, kann gemäß einer Variante der Erfindung zur Unterstützung eines den Eingriff durchführenden Chirurgen aufgrund der bekannten Position der Bildebene des Ultraschallfächers und des Instrumentes in dem Bezugskoordinatensystem das Abbild des Instrumentes projektivisch und dessen Abstand von der Bildebene des Ultraschallfächers in ein erzeugtes 2D-Ultraschallbild eingeblendet werden.

Eine Ausführungsform der Erfindung sieht vor, daß die Position der Mittel zur Aufnahme von Bildern, also deren Lage und Orientierung, gleichzeitig mit der Position des in ein mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern gewonnenes Bild einzublendenden zweiten Objektes erfaßbar ist. Gemäß einer Variante der Erfindung weist das System außerdem eine Aufnahmeverrichtung für das erste Objekt und Mittel zur Bestimmung der Position der Aufnahmeverrichtung auf, wobei auch die Position der Aufnahmeverrichtung gleichzeitig mit der Position der Mittel zur Aufnahme von Bildern und des zweiten Objektes erfaßbar ist. Für den niedizinischen Anwendungsfäll ist eine derartige Aufnahmeverrichtung, beispielsweise eine Patientenliege, auf der ein Patient während eines operativen Eingriffes gelagert ist. Vorzugsweise erfolgt die Ermittlung der Positionen der Mitteln zur Aufnahme von Bildern, des Instrumentes und der Aufnahmeverrichtung mit dem Navigationssystem. Auf diese Weise kann die Lage und Orientierung des Instrumentes auch bei Verstellbewegungen der Aufnahmeverrichtung relativ zu dem Instrument und den Mitteln zur Aufnahme von Bildern aufgrund der gleichzeitigen Erfassung der Positio-

nen der Mittel zur Aufnahme von Bildern, des Instrumentes und der Patientenliege stets online berechnet und der realen Situation entsprechend in ein mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern gewonnenes Bild vom Patienten eingeblendet werden. Mit dem System sind also mit Abbildern von zweiten Objekten versehene Bilder von einem ersten Objekt online erzeugbar, welche Positionsveränderungen des zweiten Objektes, der Mitteln zur Aufnahme von Bildern und/oder der Aufnahmeverrichtung berücksichtigen. Die Bilder sind dabei auch kontinuierlich erzeugbar.

Die Aufgabe wird außerdem gelöst von einem medizinischen Arbeitsplatz, welcher eines der erfundungsgemäßen Systeme aufweist.

Varianten der Erfindung sehen vor, daß der Arbeitsplatz für minimal-invasive Eingriffe vorgesehen ist und/oder daß die Bilder von dem ersten Objekt intra-operativ erzeugbar sind, wodurch sich die Navigation medizinischer Instrumente relativ zum Körper eines Patienten exakt durchführen läßt.

Die andere Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch ein Verfahren zur Einblendung eines Abbildes eines zweiten Objektes in ein von einem ersten Objekt gewonnenes Bild, aufweisend folgende Verfahrensschritte:

- a) Gewinnung eines Bildes von dem ersten Objekt mit Mitteln zur Aufnahme von Bildern,
- b) Bestimmung der Position der Mittel zur Aufnahme von Bildern,
- c) Bestimmung der Position des zweiten Objektes,
- d) Bestimmung der Position des zweiten Objektes relativ zu den Mitteln zur Aufnahme von Bildern und
- e) Einblendung eines Abbildes des zweiten Objektes in ein mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern gewonnenes Bild des ersten Objektes.

Die Erfindung bezieht sich wiederum auf Mittel zur Aufnahme von Bildern, bei denen die Lagen und Orientierungen der mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern erfaßten Bilddaten relativ zu den Mitteln aufgrund eindeutiger räumlicher Beziehungen bekannt, in einfacher Weise ermittelbar oder festlegbar sind. Nach der Ermittlung eines Bilddatensatzes und der Bestimmung dessen Lage und Orientierung in einem Bezugskoordinatensystem kann auch das Abbild eines zweiten Objektes durch die Ermittlung dessen Position in dem Bezugskoordinatensystem in ein aus dem Bilddatensatz erzeugtes Bild von dem ersten Objekt eingeblendet werden. Sofern sich das zweite Objekt nicht in dem Bildbereich des ersten Objektes befindet, besteht auch die Möglichkeit ein Abbild des zweiten Objektes projektivisch in das Bild von dem ersten Objekt einzublenden. In jedem Fall kann die Einblendung eines Abbildes des zweiten Objektes in ein mit den Mitteln zur Aufnahme von Bildern gewonnenes Bild von dem ersten Objekt ohne die Durchführung einer zeitaufwendigen und fehleranfälligen Registrierung erfolgen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den beigefügten schematischen Zeichnungen dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 ein erfundungsgemäßes, für die medizinische Navigation vorgesehenes System mit einem einen extrakorporal angeordneten Ultraschallsensor aufweisenden Ultraschallgerät.

Fig. 2 ein erfundungsgemäßes, für die medizinische Navigation vorgesehenes System mit einem ein Ultraschall-Laparoskop aufweisenden Ultraschallgerät.

Fig. 3 ein erfundungsgemäßes, für die medizinische Navigation vorgesehenes System mit einem einen extrakorporal angeordneten Ultraschallsensor aufweisenden Ultraschallgerät zur Erzeugung von 2D-Bildern in Echtzeit und

Fig. 4 ein erfundungsgemäßes, für die medizinische Navigation vorgesehenes System mit einem C-Bogen-Röntgengerät.

Das erfundungsgemäße System ist im folgenden am Beispiel eines medizinischen Systems beschrieben, welches an einem medizinischen Arbeitsplatz für minimal-invasive Eingriffe eingesetzt wird.

Im Falle des in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiels umfassen die Mittel zur Aufnahme von Bildern einen auf der Körperoberfläche eines Patienten P applizierbaren Ultraschallkopf 2, welcher an ein an sich bekanntes, eine Bildverarbeitungseinheit und eine Anzeigeeinrichtung aufweisendes Ultraschallgerät 1 mit einer Leitung 8 angeschlossen ist. Mit dem Ultraschallkopf 2 können in an sich bekannter Weise in sogenannten Sectorscans 2D-Ultraschallbilder aus dem Körperinneren des Patienten P gewonnen und in nicht dargestellter Weise auf dem Sichtgerät des Ultraschallgerätes 1 angezeigt werden.

Der Arbeitsplatz weist außerdem ein Navigationssystem 4 auf, welches eine Positionserfassungseinheit 5, einen Sender 6, einen Navigationsrechner 7, bei dem es sich um einen Standard-PC handelt kann, und an Objekten anbringbare Positionssensoren 3 und 13 umfaßt. Das Ultraschallgerät 1 ist über eine Leitung 9 mit dem Navigationsrechner 7, der Navigationsrechner 7 ist über eine Leitung 10 mit der Positionserfassungseinheit 5 und diese ist über eine Leitung 11 mit dem Sender 6 und über Leitungen 12 und 15 mit den Positionssensoren 3, 13 verbunden.

Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist der Positionssensor 3 des Navigationssystems 4 in derart definierter Weise an dem Ultraschallkopf 2 angeordnet, daß durch die Bestimmung der Position des Positionssensors 3 in einem von der Positionserfassungseinheit 5 festgelegten Bezugskoordinatensystem K1 nicht nur die Positionen der Ultraschall-Sende- und Empfängerflächen des Ultraschallkopfes 2, sondern auch die Positionen, d. h. die Lagen und Orientierungen, der mit dem Ultraschallkopf 2 erfaßten Bilddaten im Bezugskoordinatensystem K1 bekannt sind. Der Positionssensor 13 ist in derart definierter Weise an einem chirurgischen Instrument 14 angeordnet, daß durch die Bestimmung der Position des Positionssensors 13 auch die Position der Spitze des Instrumentes 14 bekannt ist, welches im Falle des in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiels teilweise in den Körper des Patienten P eingedrungen und nicht mehr sichtbar ist. Der Sender 6 des Navigationssystems 4, welcher im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels elektromagnetische Wellen aussendet, ist ebenfalls in definierter Weise in dem Bezugskoordinatensystem K1 der Positionserfassungseinheit 5 angeordnet.

Im Betrieb des Systems erzeugt der Sender 6 ein mit gestrichelten Linien angedeutetes elektromagnetisches Feld 16, in dem die an dem Ultraschallkopf 2 und dem chirurgischen Instrument 14 befestigten Positionssensoren 3 und 13 angeordnet sind. Anhand der von den Positionssensoren 3 und 13 erzeugten, über die Leitungen 12 und 15 an die Positionserfassungseinheit 5 übertragenen Signale kann die Positionserfassungseinheit 5 die Positionen, d. h. die Lagen und Orientierungen, des Ultraschallkopfes 2 und des chirurgischen Instrumentes 14 bezüglich des Bezugskoordinatensystems K1 bestimmen.

Außerdem kann mit Hilfe des Navigationsrechners 7 aus den mit dem Ultraschallkopf 2 des Ultraschallgerätes 1 aufgenommenen 2D-Ultraschallbildern ein 3D-Ultraschallbild datensatz 17 erzeugt werden, wobei die Positionen des Ultraschallkopfes 2 bei jeder Aufnahme eines 2D-Ultraschallbildes aufgrund der Positionserfassung durch die Positionserfassungseinheit 5 bekannt sind. Dabei ist für jedes Bilddatum des erzeugten, in Fig. 1 in schematischer Weise als

Würfel dargestellten 3D-Ultraschallbilddatensatzes 17, aus dem verschiedene 3D-Bilder vom Körperinneren des Patienten P rekonstruierbar sind, aufgrund der bekannten räumlichen Beziehung zwischen den gewonnenen 2D-Ultraschallbilddaten und den Sende- und Empfängerflächen des Ultraschallkopfes 2 die Lage und Orientierung im Bezugskoordinatensystem K1 bekannt. Demnach ist auch für einen beliebig aus dem 3D-Ultraschallbilddatensatz 17 rekonstruierten 3D-Bildkubus 18 die Lage und Orientierung im Bezugskoordinatensystem K1 als auch die Voxelgröße, beispielsweise in Millimetern und Grad, in dem Bezugskoordinatensystem K1 bekannt. Da auch die Position, d. h. die Lage und Orientierung, des Instrumentes 14 aufgrund der Positionserfassung durch die Positionserfassungseinheit 5 in dem Bezugskoordinatensystem K1 bekannt ist, kann für jede von dem Positionserfassungssystem 5 ermittelte Position des Instrumentes 14 ein Abbild des Instrumentes 14 eindeutig in ein erzeugtes Bild vom Patienten P eingeblendet werden, solange sich die Positionssensoren 3, 13 des Navigationssystems 4 in dem von dem Sender 6 erzeugten elektromagnetischen Feld befinden und sofern sich das Instrument 14 im Bereich des relevanten Bildes befindet. In Fig. 1 ist in schematischer Darstellung die Spitze des chirurgischen Instrumentes 14 in Form eines Kreuzes 19 in den 3D-Ultraschallbilddatensatz 17 aus dem Körperinneren des Patienten P eingeblendet, welcher aus mit dem Ultraschallkopf 2 aufgenommenen 2D-Ultraschallbildern erzeugt wurde.

In der vorstehend beschriebenen Weise kann also ein Abbild jedes beliebigen, mit einem Positionssensor ausgestatteten chirurgischen Instrumentes während eines chirurgischen Eingriffes an einem Patienten in ein intra-operativ erzeugtes 3D-Ultraschallbild eingeblendet werden. Für die Einblendung des Instrumentes ist dabei erfahrungsgemäß keine Registrierung erforderlich.

Im Falle des in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiels handelt es sich bei dem Instrument 14 um ein starres Instrument, z. B. eine Zange, ein HF-Skalpell, eine Schere, eine Biopsie- oder eine Punktionsnadel, weshalb der Positionssensor 13 extrakorporal angeordnet sein kann. Die Position der zu visualisierenden Spitze des Instrumentes 14 in dem Bezugskoordinatensystem K1 kann dabei, in bereits angegebener Weise, mit einer Transformation der Koordinaten des Positionssensors 13 in die Koordinaten, die der Spitze des Instrumentes 14 entsprechen, ermittelt werden.

In Fig. 2 ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt, bei dem ein Instrument 20 mit einem flexiblen Instrumententeil, im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels mit einer flexiblen Spitze 21, verwendet wird. Um in diesem Fall die Position der Spitze 21 in ein aus dem 3D-Ultraschallbilddatensatz 17 rekonstruierten Bild exakt einzublenden zu können, befindet sich der Positionssensor 13 an der Spitze 21 des Instrumentes 20. Bei einem derartigen, einen flexiblen Teil aufweisenden Instrument 20 kann es sich beispielsweise um ein Endoskop, einen Katheter oder andere abwinkelbare Instrumente handeln.

Im Unterschied zu dem in Fig. 1 beschriebenen Ausführungsbeispiel erfolgt die Gewinnung der für die Erzeugung des 3D-Ultraschallbilddatensatzes 17 erforderlichen 2D-Ultraschallbilder außerdem mit einem intrakorporalen Ultraschallsensor, einem sogenannten Ultraschall-Laparoskop 22. Da das Ultraschall-Laparoskop 22 ebenfalls flexibel ausgeführt ist, ist der Positionssensor 3 in die Spitze des Ultraschall-Laparoskopes 22, und zwar in definierter Weise zu den Ultraschall-Sende- und Empfängerflächen, integriert. Wie im zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel können mit dem Ultraschall-Laparoskop 22 2D-Ultraschallbilder erzeugt werden, aus denen der Navigationsrechner 7 aufgrund der für jedes 2D-Ultraschallbild ermittelbaren Position des

Ultraschall-Laparoskopes 22 den 3D-Ultraschallbilddatensatz 17 generieren kann. Wie im Falle des in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiels ist auch im Falle des in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiels für jedes Bilddatum des erzeugten 3D-Ultraschallbilddatensatzes 17 die Position im Bezugskoordinatensystem K1 aufgrund der bekannten räumlichen Beziehung zwischen den gewonnenen Ultraschalldaten und den Ultraschall-Sende- und Empfängerflächen des Ultraschall-Laparoskops 22 bekannt. Demnach ist auch die Lage und Orientierung eines beliebig aus dem 3D-Ultraschallbilddatensatz 17 rekonstruierten 3D-Bildkubus 18 im Bezugskoordinatensystem K1 als auch die Voxelgröße, beispielsweise in Millimetern und Grad, in den Bezugskoordinaten bekannt. Da auch die Position der Spitze 21 des Instrumentes 20 durch die Positionserfassung mit der Positionserfassungseinheit 5 bekannt ist, kann wie im Falle des zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiels die Spitze 21 des Instrumentes 20 in den mit dem Ultraschall-Laparoskop 22 erzeugten 3D-Ultraschallbilddatensatz 17 bzw. in einen 3D-Bildkubus 18 eingeblendet werden. In Fig. 2 ist die Einblendung des Abbildes der Spitze 21 des Instrumentes 20 in den 3D-Ultraschallbilddatensatz 17 mit einem Kreuz 19 schematisiert dargestellt.

In Fig. 3 ist die Navigation mit 2D-Bildgebung in Echtzeit anhand von in Echtzeit gewonnenen Ultraschallbildern veranschaulicht. Die in Fig. 3 gezeigte Anordnung entspricht dabei im wesentlichen der in Fig. 1 gezeigten Anordnung einer erfahrungsgemäßen Systems, so daß die in Fig. 3 gezeigten Komponenten, welche mit Komponenten des in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiels identisch sind, mit gleichen Bezugszeichen versehen sind.

Mit dem auf der Körperoberfläche des Patienten P applizierten Ultraschallkopf 2 kann in an sich bekannter Weise ein Sektor 30 gescannt werden, welcher als Sektorscan 31 auf einem Sichtgerät des Navigationsrechners 7 darstellbar ist. Die Lage und Orientierung des Sektorscans 31 ist aufgrund der Positionserfassung mit der Positionserfassungseinheit 5 und aufgrund der bekannten räumlichen Beziehung zwischen den gewonnenen 2D-Ultraschalldaten und den Sende- und Empfängerflächen des Ultraschallkopfes 2 in dem Bezugskoordinatensystem K1 bekannt. Gleichzeitig kann mit Hilfe des Positionssensors 13 die Position des Instrumentes 14 mit der Positionserfassungseinheit 5 in dem Bezugskoordinatensystem K1 ermittelt und demnach das Abbild des Instrumentes 14 entsprechend in den in dem Navigationsrechner visualisierten und auf einem Sichtgerät darstellbaren Sektorscan 31 eingeblendet werden. Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist die Position der Spitze des Instrumentes 14 in Form eines Kreuzes 32 in den Sektorscan 31 eingeblendet.

Die Visualisierung des Instrumentes 14 in dem Sektorscan 31 wäre infolge der Aufnahme der Bilder in Echtzeit auch ohne Positionserfassung des Instrumentes 14 zu erreichen, wenn sich das Instrument 14 stets in der Bildebene des Sektors 30 befinden würde, was aber in der Regel aufgrund der manuellen Positionierung des Ultraschallkopfes 2 nicht realisierbar ist. Durch die Positionserfassung des an dem Ultraschallkopf 2 angeordneten Positionssensors 3 sowie des an dem Instrument 14 angeordneten Positionssensors 13 ist jedoch die Lage des Instrumentes 14 relativ zu dem Sektor 30 bekannt, so daß die Spitze des Instrumentes 14 beispielsweise auch projektivisch in den Sektorscan 31 eingeblendet werden kann, selbst wenn die Spitze des Instrumentes 14 oder das gesamte Instrument 14 nicht in dem Sektorscan 31 sichtbar wäre. Erfahrungsgemäß wird bei dieser projektiven Einblendung der Spitze des Instrumentes 14 in den Sektorscan 31 der Abstand der Spitze des Instrumentes 14 von dem Sektor 30 als Orientierungshilfe beispielsweise für

einen einen Eingriff vornehmenden Chirurgen eingeblendet. Die Angabe des Abstandes kann beispielsweise mit Hilfe eines Kreises, dessen Durchmesser den Abstand zwischen dem Instrument 14 und dem Sektor 30 angibt, oder mit Hilfe von Farbcodierungen, wobei die Farbintensitäten den Abstand zwischen dem Instrument 14 und dem Sektor 30 angeben, für einen Benutzer erfolgen. Auf diese Weise kann also beispielsweise ein Chirurg bei der Führung des Ultraschallkopfes 2 unterstützt werden, wobei dadurch, daß die Lagen und Orientierungen des Ultraschallkopfes 2 und des chirurgischen Instrumentes 14 im Navigationsrechner 7 verfügbar sind, Vorschläge zur Positionierung des Ultraschallkopfes 2, z. B. in bezug auf die Neigung oder die Drehung des Ultraschallkopfes 2 auf der Körperoberfläche, angezeigt werden können, um das Instrument 14 in dem Sektorscan 31 sichtbar zu machen.

In Fig. 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfundungsgemäßigen, für die medizinische Navigation vorgesehenen Systems gezeigt, welches ein C-Bogen-Röntgengerät 41 mit einem auf Rädern 42 verfahrbaren Gerätewagen 43 umfaßt. Das C-Bogen-Röntgengerät 41 weist eine in Fig. 4 nur schematisch angedeutete Hubvorrichtung 44 mit einer Säule 45 auf. An der Säule 45 ist ein Halteteil 46 angeordnet, an dem eine Haltevorrichtung 47 zur Lagerung eines Isozentrum IZ aufweisenden C-Bogens 48 angeordnet ist. Am C-Bogen 48 sind einander gegenüberliegend ein Röntgenstrahler 49 und ein Röntgenstrahlenempfänger 50 angeordnet. Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels handelt es sich bei dem Röntgenstrahler 50 um einen an sich bekannten Festkörperdetektor. Der Röntgenstrahlenempfänger 50 kann jedoch auch ein Röntgenbildverstärker sein, wobei der Festkörperdetektor gegenüber dem Röntgenbildverstärker den Vorteil besitzt, daß er geometrisch verzerrungsfrei Röntgenbilder liefert. Die mit dem Festkörperdetektor 50 gewonnenen Röntgenbilder können in an sich bekannter Weise auf einer Anzeigeeinrichtung 51 dargestellt werden.

Das in Fig. 4 gezeigte C-Bogen-Röntgengerät 41 zeichnet sich dadurch aus, daß mit ihm ein 3D-Bilddatensatz vom Körper bzw. von Körperteilen eines auf einer vertikal und horizontal verstellbaren Patientenliege 52 gelagerten Patienten P erzeugt werden kann, aus dem verschiedene 3D-Bilder von Körper des Patienten rekonstruierbar sind. Zur 3D-Bildgebung ist ein im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels im Gerätewagen 43 des C-Bogen-Röntgengerätes 41 angeordneter, in nicht dargestellter Weise mit dem Festkörperdetektor 50 und der Anzeigeeinheit 51 verbundener Bildrechner 53 vorhanden. Der Bildrechner 53 rekonstruiert in an sich bekannter Weise aus 2D-Projektionen, welche bei einer Verstellung des C-Bogens 48, beispielsweise längs seines Umfangs, um ein im Isozentrum IZ des C-Bogens 48 plazierte, in einem Bild darzustellendes Körperteil des Patienten P gewonnen werden, 3D-Bilder von dem darzustellenden Körperteil.

Mit Hilfe eines im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels optischen Navigationssystems des medizinischen Systems können während eines Eingriffs an dem Patienten P von einem in der Fig. 4 nicht dargestellten Chirurgen verwendete Instrumente als Abbild in während der Operation angefertigte 3D-Bilder vom Körper des Patienten P eingeblendet werden. Auf diese Weise erhält der Chirurg, wie im Falle der mit Ultraschall gewonnenen 3D-Bilder, eine wirkungsvolle und zuverlässige Unterstützung bei dem operativen Eingriff. Um ein Instrument genau anhand der Bildinformation positionieren zu können, sind jedoch exakte Bilder des realen Operationsitus erforderlich, welche durch die Gewinnung von 3D-Bildern während der Operation erhalten werden.

Das Navigationssystem umfaßt im Falle des in Fig. 4 ge-

zeigten Ausführungsbeispiels Kameras 54, 55 und mit den Kameras detektierbare Referenzelemente 56 bis 58, welche an hinsichtlich ihrer Position zu erfassenden Instrumenten oder Objekten angeordnet sind und von den Kameras 54, 55 aufgenommen werden. Ein Navigationsrechner 59 des Navigationssystems wertet die mit den Kameras 54, 55 aufgenommenen Bilder aus und kann anhand der aufgenommenen Referenzelemente 56 bis 58 die Positionen, d. h. die Lagen und Orientierungen, der Referenzelemente 56 bis 58 und somit der Instrumente bzw. Objekte bezüglich eines Bezugskoordinatensystems K2 ermitteln.

Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist das Referenzelement 56 an einem chirurgischen Instrument 60, das Referenzelement 57 am C-Bogen 48 des C-Bogen-Röntgengerätes 41 und das Referenzelement 58 an der Patientenliege 52 angeordnet. Auf diese Weise kann der Navigationsrechner 59 anhand der gewonnenen Kamerabilder jeweils die aktuellen Positionen des C-Bogens 48 und somit des Isozentrums IZ des C-Bogens 48, des Instrumentes 60 und der Patientenliege 52 ermitteln. Der Navigationsrechner 59, welcher in nicht dargestellter Weise mit dem Bildrechner 53 verbunden ist, stellt dem Bildrechner 53 jeweils die Daten über die aktuellen Positionen des Isozentrums IZ, des Instrumentes 60 und der Patientenliege 52 zur Verfügung. Anhand dieser Positionsinformationen kann der Bildrechner 53 ein Abbild des Instrumentes 60 in ein mit dem C-Bogen-Röntgengerät 41 während der Operation gewonnenes 3D-Bild einblenden, wobei aufgrund der bekannten Position des Isozentrums IZ die Lagen und Orientierung des erzeugten 3D-Bilddatensatzes im Bezugskoordinatensystem K2 bekannt ist. Erfundungsgemäß ist dabei zur Einblendung des Abbildes des Instrumentes 60 keine Registrierung erforderlich. Eine derartige Einblendung eines Abbildes 61 des Instrumentes 60 in ein erzeugtes 3D-Bild ist exemplarisch in Fig. 4 dargestellt.

Da die Bewegungen des Instrumentes 60, des C-Bogens 48 und der Patientenliege 52 über die Kameras 54, 55 und den Rechner 59 gleichzeitig und kontinuierlich erfaßt werden, kann die Einblendung des Abbildes des Instrumentes 60 in ein mit dem C-Bogen-Röntgengerät 41 gewonnenes 3D-Bild jeweils online der veränderten Situation entsprechend angepaßt werden. Auf diese Weise sind nicht nur statische, sondern auch kontinuierlich aufeinanderfolgende, mit der Einblendung des Abbildes des Instrumentes 60 verbundene 3D-Bilder erzeugbar.

Die Positionen des Instrumentes, der Mittel zur Aufnahme von Bildern und der Patientenliege müssen im übrigen nicht gleichzeitig erfaßt werden. Eine nahezu gleichzeitige Erfassung ist jedoch dann erforderlich, wenn insbesondere nach Veränderungen der Positionen des Instrumentes oder der Patientenliege das Abbild des Instrumentes online in erzeugte 3D-Bilder bzw. in Echtzeit gewonnene 2D-Bilder eingeblendet werden soll.

Im übrigen können auch die in den Fig. 1 bis 3 gezeigten Arbeitsplätze eine Patientenliege aufweisen, deren Positionen gleichzeitig mit den Positionen des Instrumentes und der Mittel zur Aufnahme von Bildern erfaßt werden.

Die Ermittlung der Positionen der Mittel zur Aufnahme von Bildern, des Instrumentes und der Patientenliege muß nicht notwendigerweise durch ein Navigationssystem erfolgen. Vielmehr können die Positionen auch durch andere geeignete Mittel zur Positionserfassung, welche beispielsweise auf Basis signaltragender Wellen arbeiten, ermittelt und miteinander in Beziehung gebracht werden.

Im Falle der in den Fig. 1 bis 3 beschriebenen Ausführungsbeispiele kann anstelle eines auf Basis elektromagnetischer Felder arbeitenden Navigationssystems auch ein optisches Navigationssystem und im Falle des in Fig. 4 be-

schriebenen Ausführungsbeispielen kann anstelle des optischen Navigationssystems auch ein auf Basis elektromagnetischer Wellen arbeitendes Navigationssystem eingesetzt werden.

Das erfindungsgemäße System wurde vorstehend am Beispiel eines medizinischen Systems zur Navigation medizinischer Instrumente beschrieben. Das System ist jedoch nicht auf den Einsatz in der Medizin beschränkt.

Als Mittel zur Aufnahme von Bildern können alle Systeme zum Einsatz kommen, bei denen die Lagen und Orientierung der erfaßten Bilddaten im Bezugskoordinatensystem aufgrund der Kenntnis der Position der Mittel zur Aufnahme von Bildern bekannt sind.

Patentansprüche

15

1. System mit Mitteln (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern von einem ersten Objekt (P), mit Mitteln (3, 4, 5, 6, 54, 55, 57, 59) zur Bestimmung der Position der Mittel (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern, mit Mitteln (4, 5, 6, 13, 54, 55, 56, 59) zur Bestimmung der Position eines zweiten Objektes (14, 20, 60); mit Mitteln (4, 5, 6, 7, 13, 54, 55, 56, 59) zur Bestimmung der Position des zweiten Objektes (14, 20, 60) relativ zu den Mitteln (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern und mit Mitteln (7) zur Einblendung eines Abbildes (19, 61) des zweiten Objektes (14, 20, 60) in ein mit den Mitteln (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern gewonnenes Bild des ersten Objektes (P).

2. System nach Anspruch 1, welches ein Navigations-
system (3, 4, 5, 6, 7, 13) umfaßt, welches die Position der Mittel (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern, die Position des zweiten Objektes (14, 20, 60) und die Position des zweiten Objektes (14, 20, 60) relativ zu den Mitteln (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern bestimmt.

3. System nach Anspruch 2, dessen Navigationssystem (3, 4, 5, 6, 7, 13) an Objekten anbringbare und detektierbare Marken (56 bis 58) und/oder Positionssensoren (3, 13) aufweist.

4. System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die Mittel zur Aufnahme von Bildern einen Ultraschallsensor (2, 22) aufweisen.

5. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Mittel zur Aufnahme von Bildern eine Röntgenstrahlenquelle (49) und einen Röntgenstrahlenempfänger (50) aufweisen.

6. System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem mit den Mitteln (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern 3D-Bilder von dem ersten Objekt (P) erzeugbar sind.

7. System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem mit den Mitteln (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern 2D-Bilder in Echtzeit von dem ersten Objekt (P) erzeugbar sind.

8. System nach Anspruch 7, bei dem der Abstand des zweiten Objektes (14, 20, 60) von der Bildebene des mit den Mitteln (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern gewonnenen 2D-Bildes des ersten Objektes (P) in das 2D-Bild einblendbar ist.

9. System nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die Position der Mittel (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern gleichzeitig mit der Position des zweiten Objektes (14, 20, 60) erfaßbar ist.

10. System nach einem der Ansprüche 1 bis 9, welches ein Aufnahmegerät (52) für das erste Objekt (P) und Mittel (54, 55, 58, 59) zur Bestimmung der Position der Aufnahmegerät (52) umfaßt, wobei die

12

Position der Aufnahmegerät (52) gleichzeitig mit der Position der Mittel (49, 50) zur Aufnahme von Bildern und des zweiten Objektes (60) erfaßbar ist.

11. Medizinischer Arbeitsplatz aufweisend ein System nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

12. Medizinischer Arbeitsplatz nach Anspruch 11, welcher für minimal-invasive Eingriffe vorgesehen ist.

13. Medizinischer Arbeitsplatz nach Anspruch 11 oder 12, bei dem die Bilder von dem ersten Objekt (P) intraoperativ erzeugbar sind.

14. Verfahren zur Einblendung eines Abbildes (19, 61) eines zweiten Objektes (14, 20, 60) in ein von einem ersten Objekt (P) gewonnenes Bild aufweisend folgende Verfahrensschritte:

- a) Gewinnung eines Bildes von dem ersten Objekt (P) mit Mitteln (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern,
- b) Bestimmung der Position der Mittel (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern,
- c) Bestimmung der Position des zweiten Objektes (14, 20, 60),
- d) Bestimmung der Position des zweiten Objektes (14, 20, 60) relativ zu den Mitteln (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern und
- e) Einblendung eines Abbildes (19, 61) des zweiten Objektes (14, 20, 60) in ein mit den Mitteln (2, 22, 49, 50) zur Aufnahme von Bildern gewonnenes Bild des ersten Objektes (P).

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

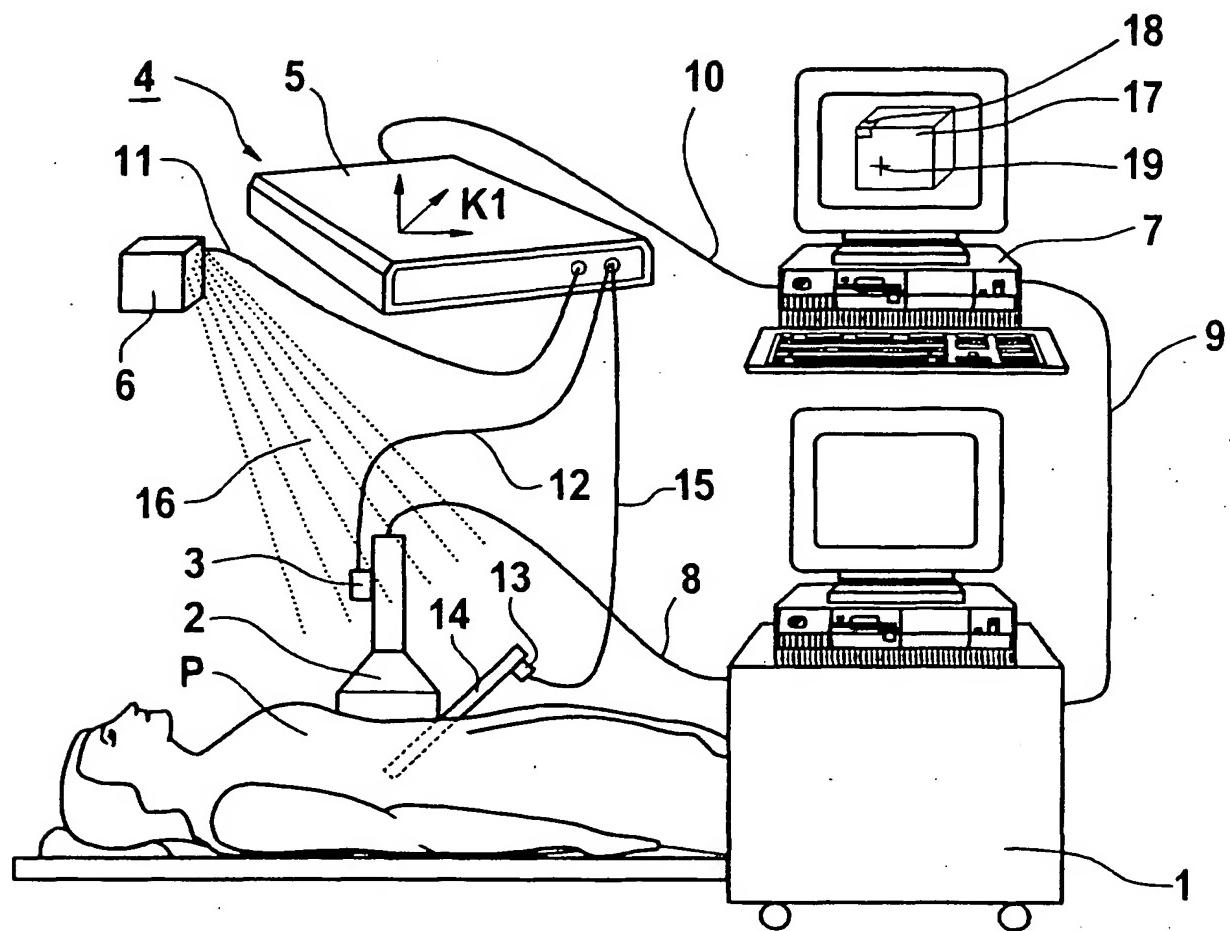


FIG 1

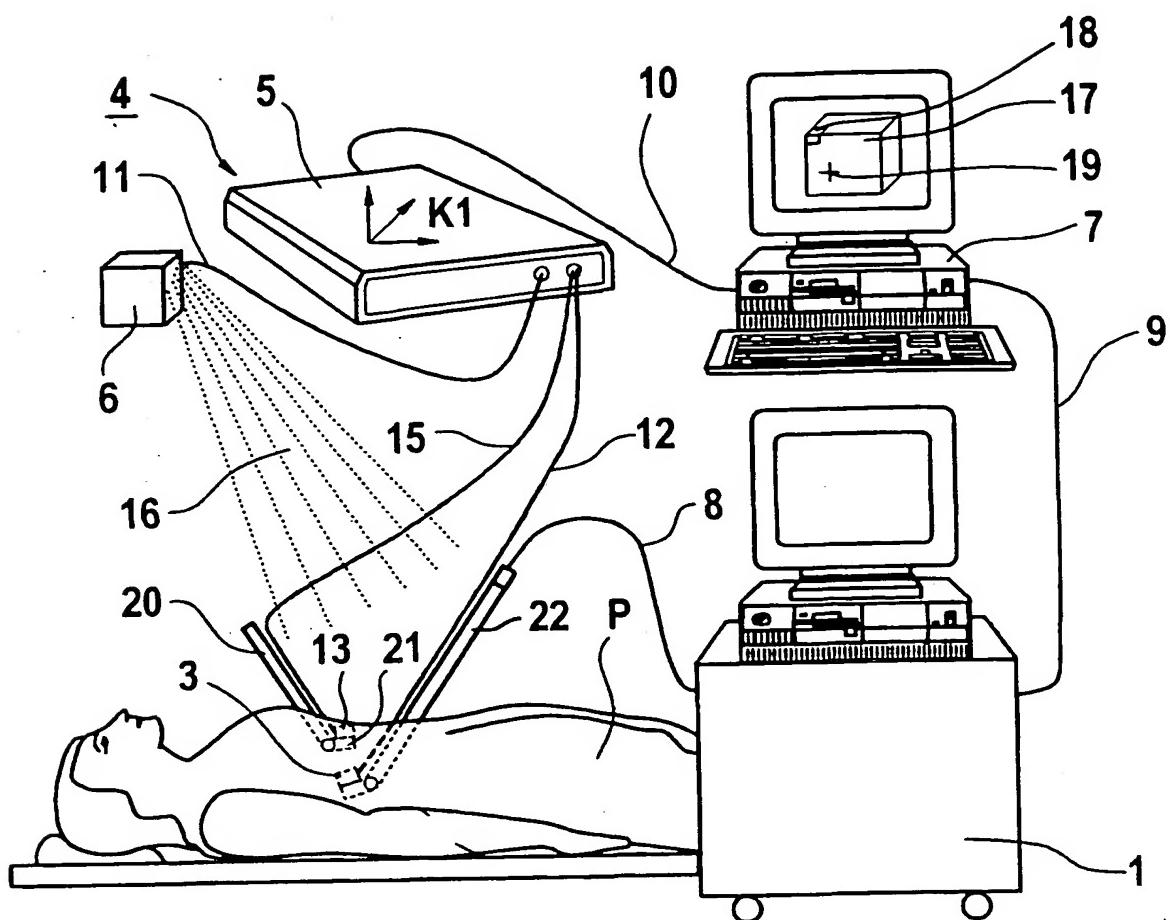


FIG 2

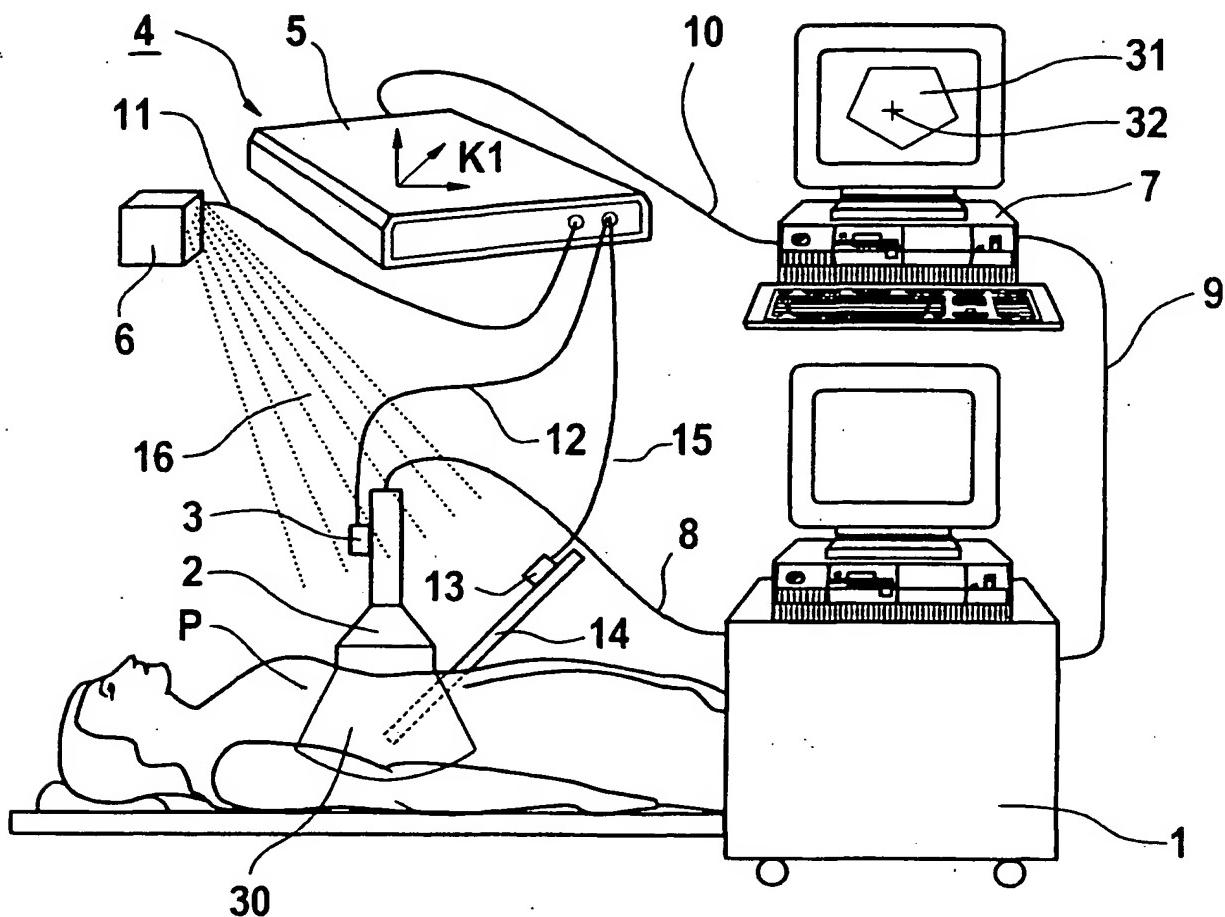


FIG 3

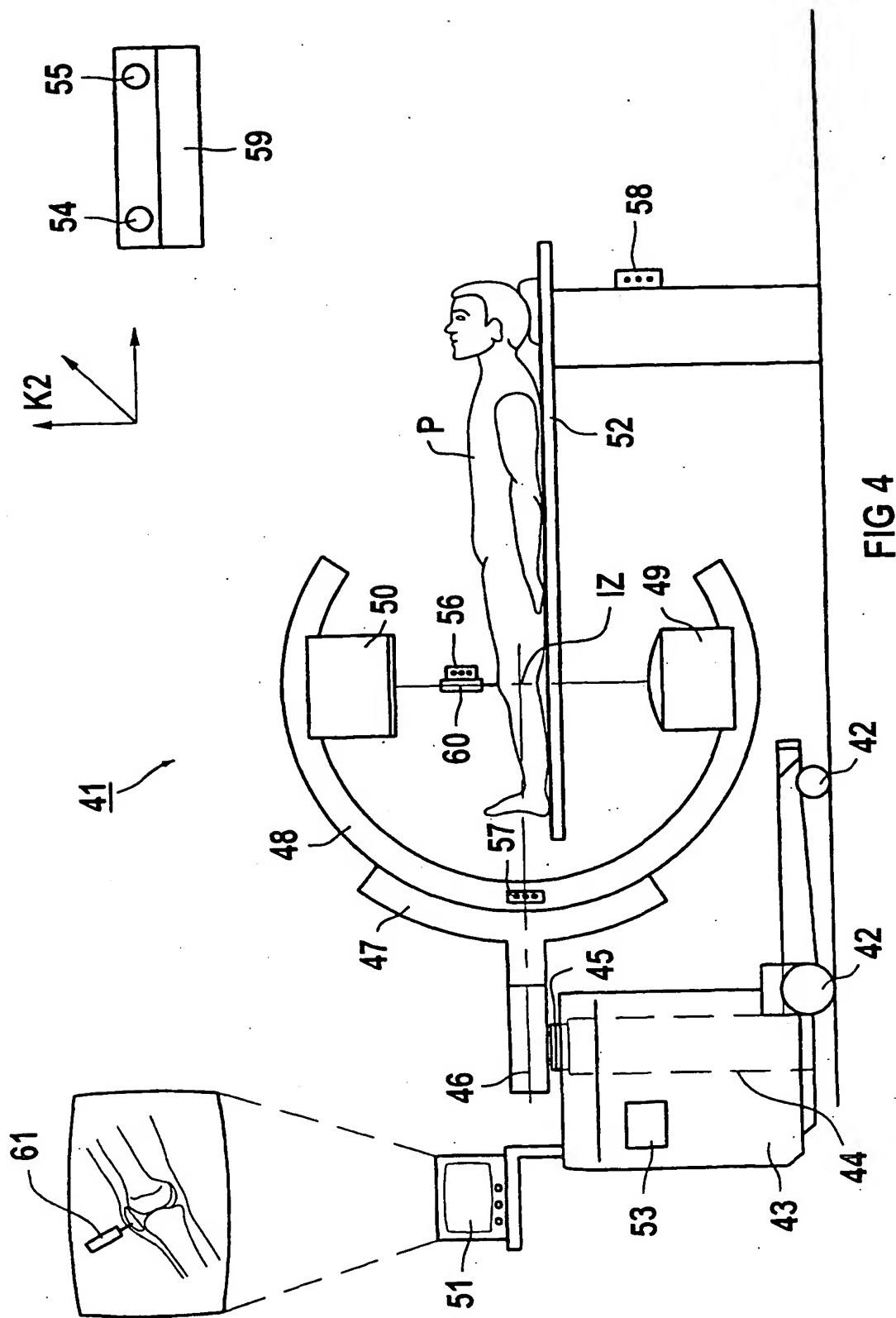


FIG 4